Date: Subject:

125 ك → 85, ع → 40

(2) دوائر كهربية

1. Transient Analysis of electric Circuits
   a) RL and RC — 1st order
   b) RLC — 2nt order

2. three-phase system
3. magnetically-coupled Circuits
4. operational Amplifier
5. Non sinusoidal waves "Fourier"

(*) James Nilsson جيمس نلسون

1. 7 - 8 — 2. 11
3. 6 — 4. 5
5. 16

Date: Subject: Lec 2

Transient Analysis of Electric Circuits

التحليل الإنتقالي من
steady_state → حالة إستقرار
الى اخرى.

transient 'dinamic'
→ تحليل انتقالي

فترات إنتقالية
دراسة الإستجابة

→ Response of First order System
RL & RC

I_0 ↑ (inductor) RL   (capacitor) $+ V_0 -$ RC

RL   RC

→ Natural Condition = Natural responce
initial Conditions. { IC only
stored energy at inductance } No source
تكون على شكل مجال مغناطيسي على شكل تيار

Stored energy at Capactiance → على شكل جهد
مجال كهربي

Date: Subject:

→ Forced responce
Step responce
(dc supply)
Ac responce
(Ac supply) (Sinusoidal supply)
(perodic)

- Series - parallel

* Supply

dc — Ac — perodic

non perodic

Steady-state

	R	L	C
Dc	$V = IR$ $I = \frac{V}{R}$	S.C $V = 0$	O.S $I = 0$
Ac	$V = IR$ $I = \frac{V}{R}$	$V = jX_L I$ $I = \frac{V}{jX_L}$	$V = -jX_c I$ $I = \frac{-V}{jX_c}$

Capital → Rms

Date: Subject:

Transient

Small Letter ← نتعامل مع الكميات اللحظية

$v = v(t)$

$i = i(t)$

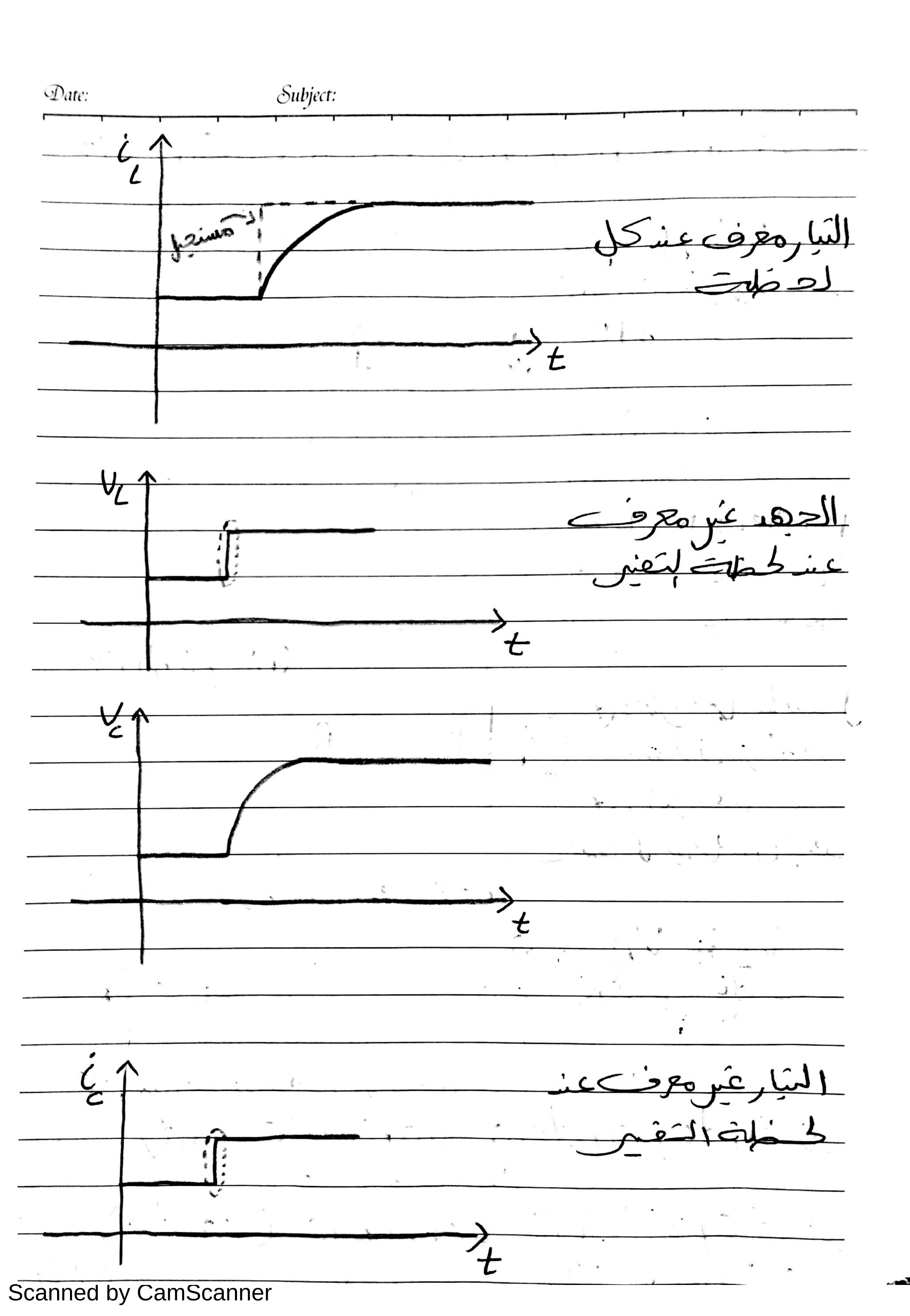
$p = p(t)$

$w = w(t)$

	R	L	C
		فراداى	اوم
v	$v = iR$	$v = L\frac{di}{dt}$	$\frac{1}{C}\int i\,dt + V_0$
i	$i = \frac{v}{R}$	$\frac{1}{L}\int v + I_0$	$i = C\frac{dv}{dt}$
p	$p = i^2R$ $p = \frac{v^2}{R}$	$Li\frac{di}{dt}$	$Cv\frac{dv}{dt}$
$w = \int pt$	0	$\frac{1}{2}Li^2$	$\frac{1}{2}Cv^2$

inductance ← تعيق تغير التيار & لا يسمح بالتغير اللحظي للتيار

Capactiance ← يعيق تغير الجهد & لا يسمح بالتغير اللحظي للجهد


Date:
Subject:
i_L
مستمر
t
التيار معرف عند كل لحظة
V_L
t
الجهد غير معرف عند لحظة التغير
V_c
t
i_c
t
التيار غير معرف عند لحظة التغير

Date: Subject:

→ Natural responce of RL Circuit

قبل قفل المفتاح كان مستوفر I_0 في الملف

Ⓐ $t=0$ Ⓑ

I_0 I_0 L R

في الوضع Ⓐ
كانت الدائرة عبارة عن parallel R & L
فيكون $I_L = I_0$
$I_R = 0$

في الوضع Ⓑ

* دائرة فيها L نتعامل بدلالة التيار
* دائرة فيها C نتعامل بدلالة الجهد

I_0 L R i

بتطبيق قانون كيرشوف للجهد

$$V_L + V_R = 0$$

$$L\frac{di}{dt} + iR = 0$$

$$I_L = I_R$$

اى معادلة تفاضلية يكون فيها :-

① independent variable (t)
متغير مستقل

② dependent variable (State)
متغير تابع ولازم يكون دالة في المتغير المستقل
$i(t)$
$V(t)$

Date: Subject:

③ Parameters, عناصر المنظومة التي تربط المتغيرات ببعضها (L & R) هي ثوابت لا تتغير أثناء العمل مهما كانت الظروف

④ Forcing Function ← بتنشأ عنها معادلات تفاضلية وخطية with Constant Coef.

الطرف الأيمن من المعادلة (0) في المثال السابق

كيف حل المعادلة التفاضلية:

← الحصول على المتغير التابع بدلالة المتغير المستقل

← نحتاج لعدد من الـ initial condition = درجة المعادلة

قيمة المتغير التابع at $t=0$

$$L\frac{di}{dt} + Ri = 0$$

$$i(0) = I_0$$

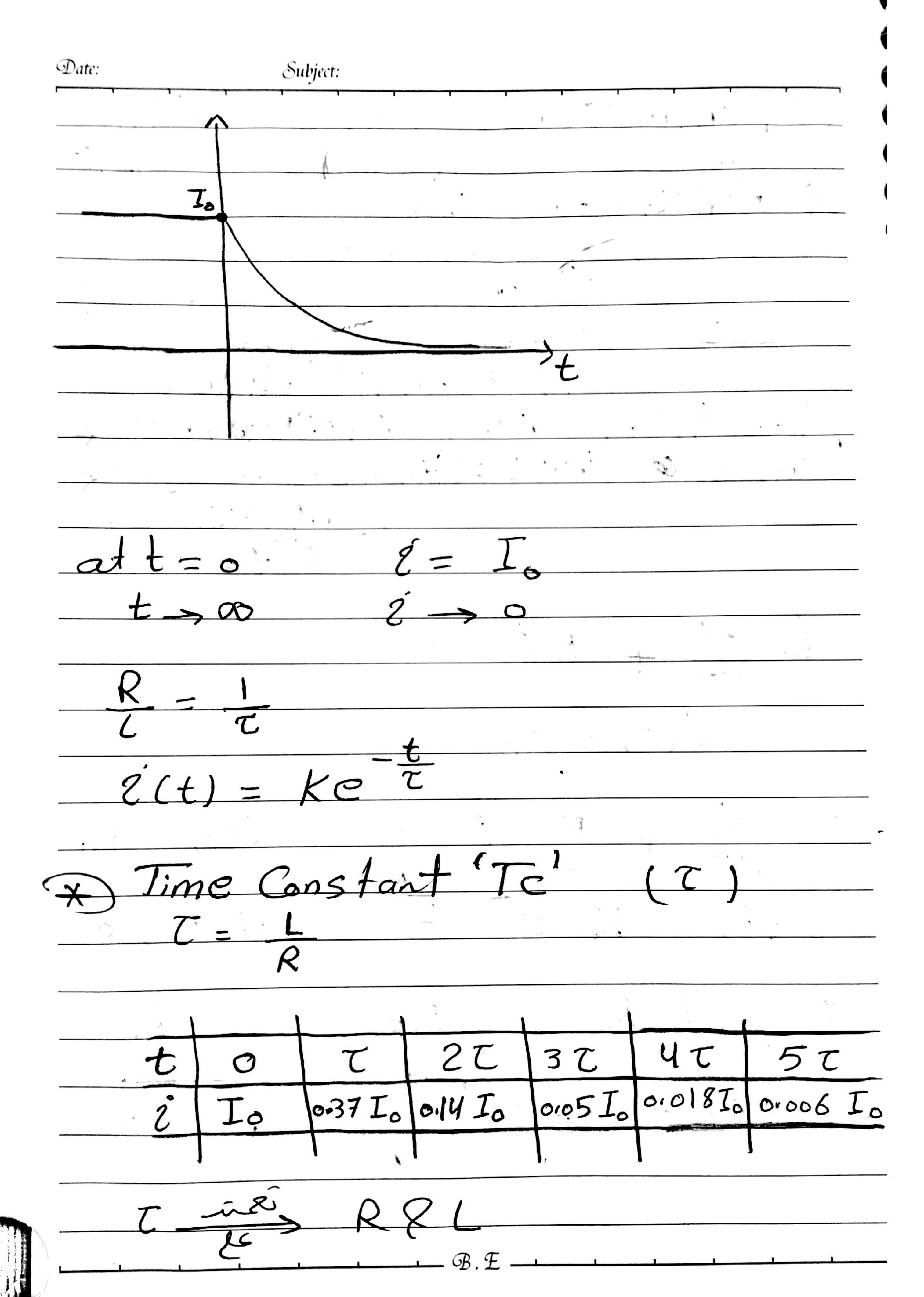
∴ $\frac{di}{dt} + \frac{R}{L} i = 0 \qquad i(0) = I_0$

$$i(t) = K e^{-\frac{tR}{L}} \quad \text{at } t \geq 0$$

to get K $\quad i(0) = I_0 = K$

∴ $i(t) = I_0 e^{-\frac{R}{L}t}$ $\quad$ $t \geq 0$

Date: Subject:



at $t = 0$ $\quad i = I_0$

$t \to \infty$ $\quad i \to 0$

$$\frac{R}{L} = \frac{1}{\tau}$$

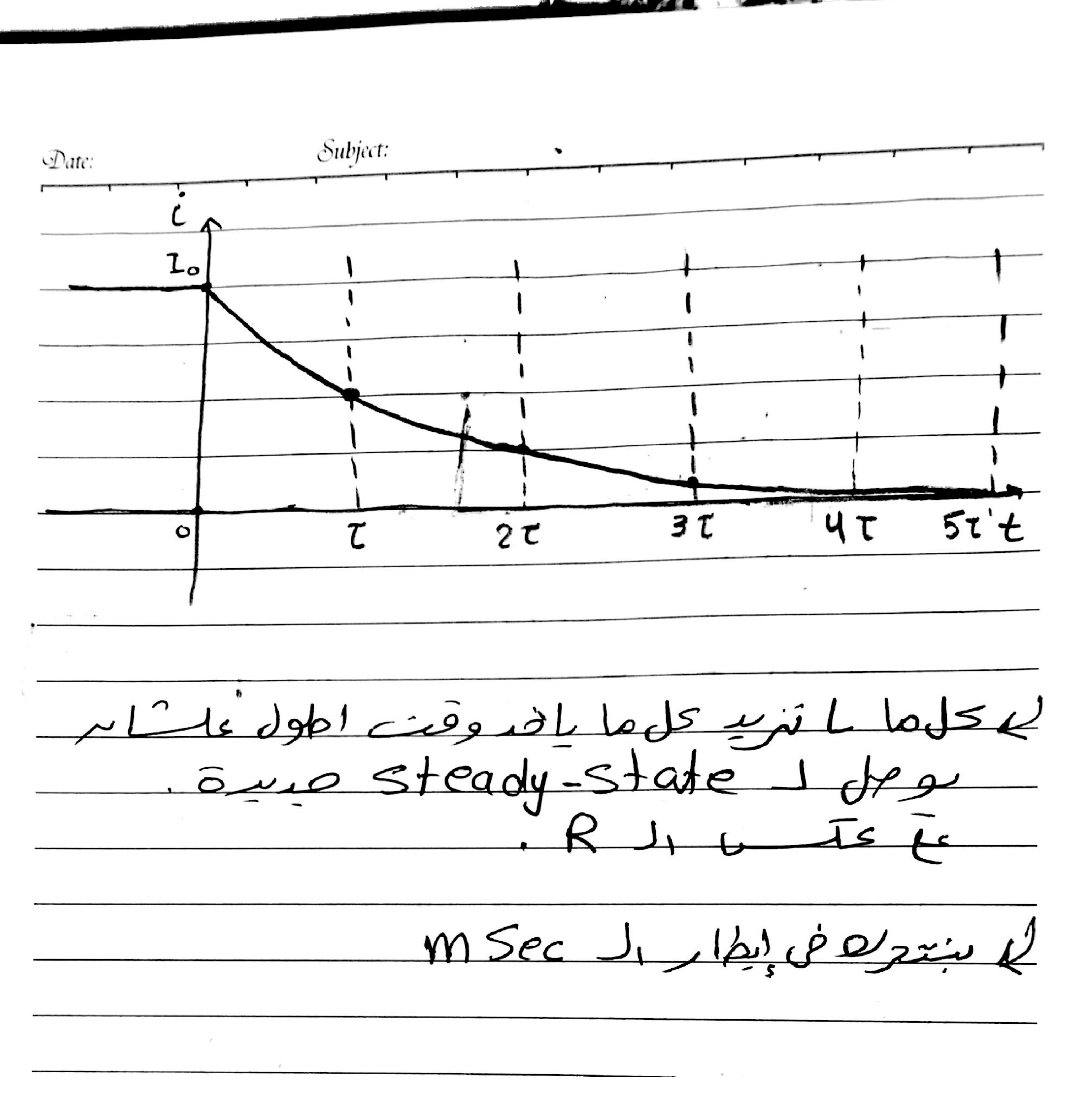
$$i(t) = K e^{-\frac{t}{\tau}}$$

* Time Constant 'Tc' (τ)

$$\tau = \frac{L}{R}$$

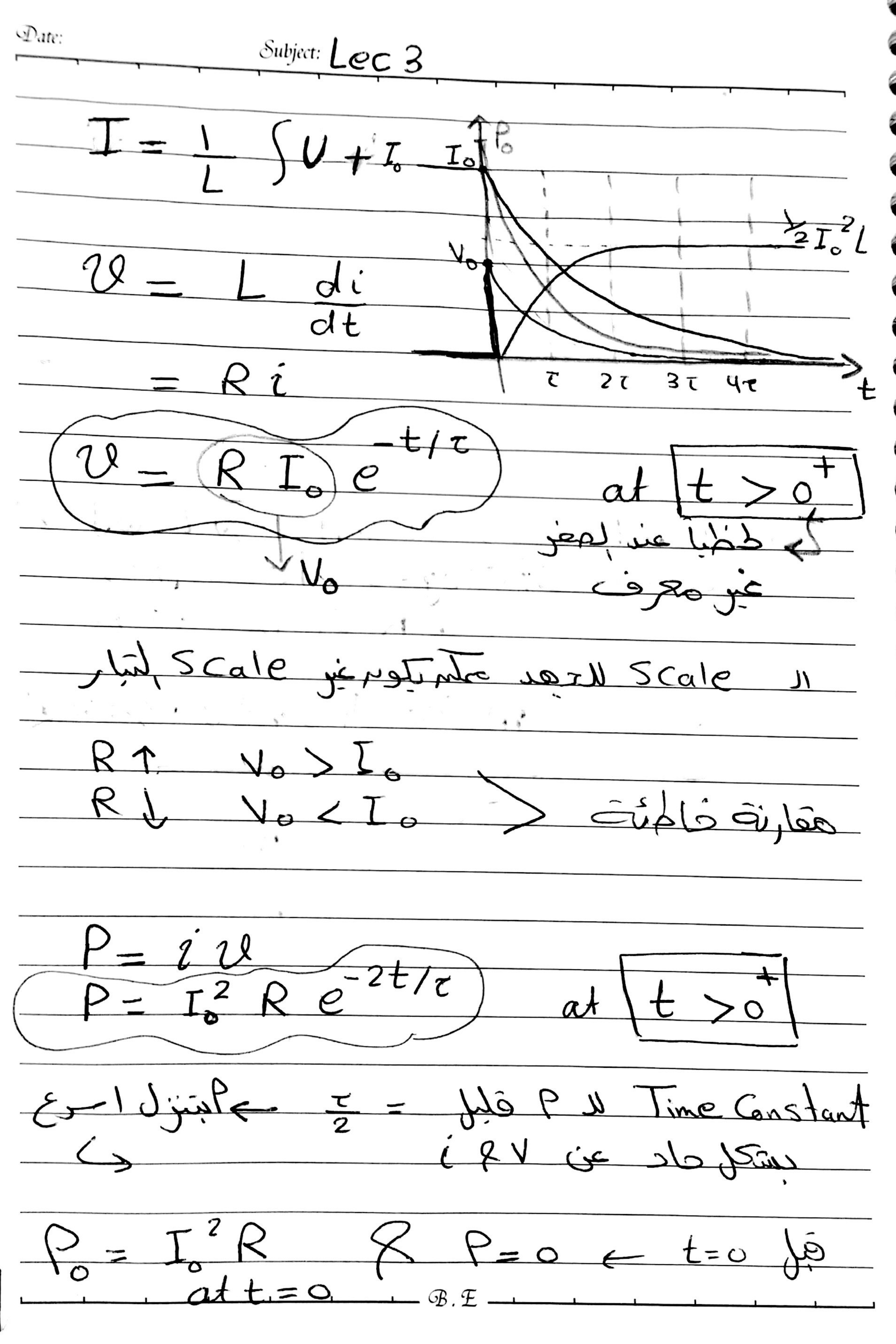
t	0	τ	2τ	3τ	4τ	5τ
i	I_0	$0.37\, I_0$	$0.14\, I_0$	$0.05\, I_0$	$0.018\, I_0$	$0.006\, I_0$

$\tau \xrightarrow[\text{على}]{\text{تعتمد}} R \,\&\, L$



← كلما τ تزيد كلما ياخد وقت اطول علشان
بوصل لـ steady-state جديدة.
ع عكس ال R.

← بنتحركه في إيطار ال mSec



Date:

Subject: Lec 3

$$I = \frac{1}{L}\int V + I_0$$

$$V = L\frac{di}{dt}$$

$$= Ri$$

$$V = R I_0 e^{-t/\tau}$$ at $t > 0^+$ ← لحظيا عند الصفر غير معرف

$R I_0 \rightarrow V_0$

ال Scale للجهد ممكن يكون غير ال Scale للتيار

$R\uparrow \quad V_0 > I_0$

$R\downarrow \quad V_0 < I_0$ > مقارنة خاطئة

$$P = iV$$

$$P = I_0^2 R e^{-2t/\tau}$$ at $t > 0^+$

Time Constant لل P قليل $= \frac{\tau}{2}$ ← P ابتنزل اسرع

بشكل حاد عن V & i

$P_0 = I_0^2 R$ at $t=0$ & $P = 0$ ← $t=0$ قبل

B.E

Date: Subject:

$$W = \int_0^t P\,dt$$

$$W = \frac{1}{2} I_o^2 L \left[1 - e^{-\frac{2t}{\tau}}\right]$$

at $t = 0$ $W = 0$

at $t = \infty$ W تؤول إلى $\frac{1}{2} I_o^2 L$ → Stored energy في البداية

الطاقة التي تفقد في المقاومة تفقد على شكل حرارة

Ex:

2 Ω, 20A, 0.1 Ω, i_L, 2H, 10 Ω, 40 Ω, (a), (b), i_o, v_o

① i_L ② i_o ③ v_o ④ W_{10}

$I_o = +20\ A$

2H, $R_{eq} = 10\ \Omega$, I_o, i_L

$$\tau = \frac{L}{R_{eq}} = 0.2\ S$$

$$i_L(t) = 20 e^{-5t} \qquad t \geq 0$$

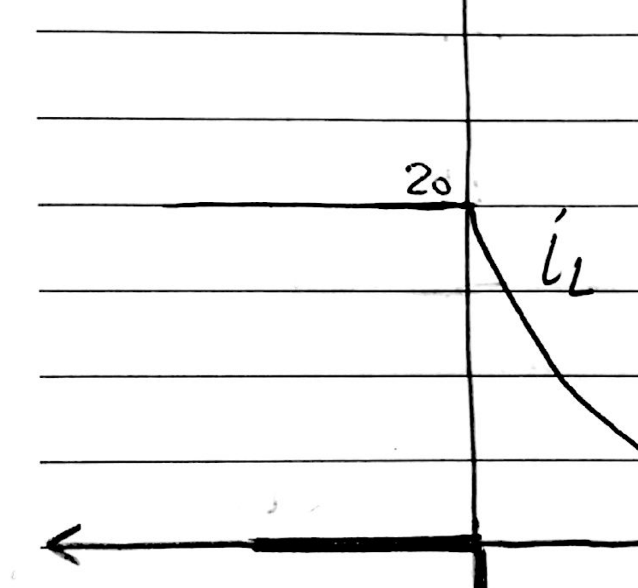
Date: Subject:

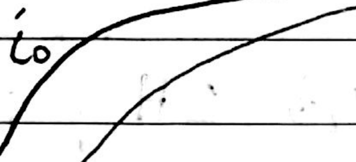
$$i_o = -i_L \frac{10}{50}$$

$$i_o = -4\,e^{-5t} \qquad t > 0^+$$

$$v_o = i_o * 40$$

$$= -160\,e^{-5t} \qquad t > 0^+$$





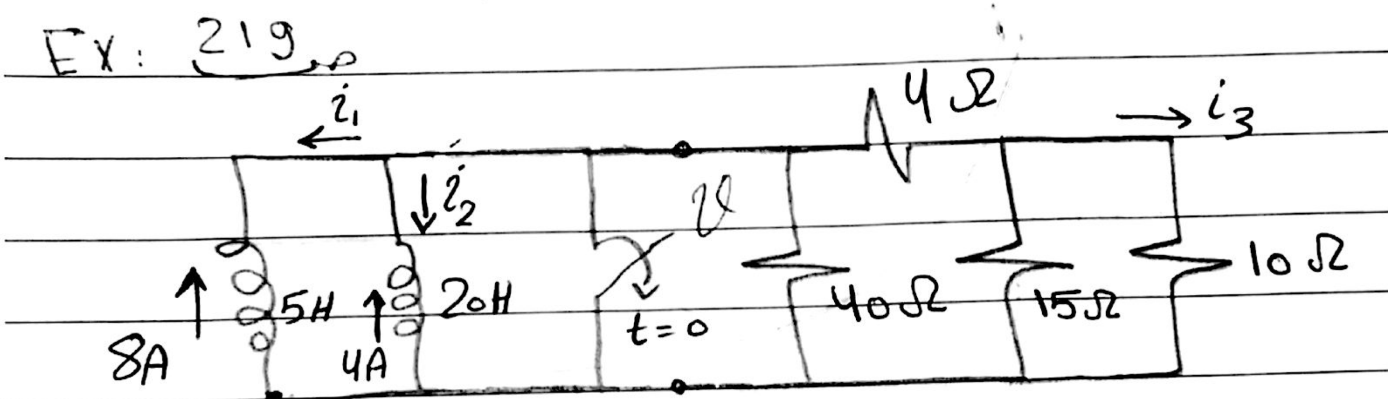
Date: Subject:

$$P_{10} = \frac{v_0}{10} =$$

$$W_{10} = \int_0^\infty P_0 \, dt \qquad = 256 \text{ J}$$

$$W_{10} = \frac{1}{2} I_0^2 L = \qquad = 400 \text{ J}$$

Ex: 219 ص



المفتاح كان مقفول وانفتح عند $t=0$

التغير الزمني لكل من التيارات i_1 ، i_2 ، i_3 ؟

$I_0 = 12$

$\tau = 0.5 \text{ s}$

$i = 12 e^{-2t} \quad t > 0$

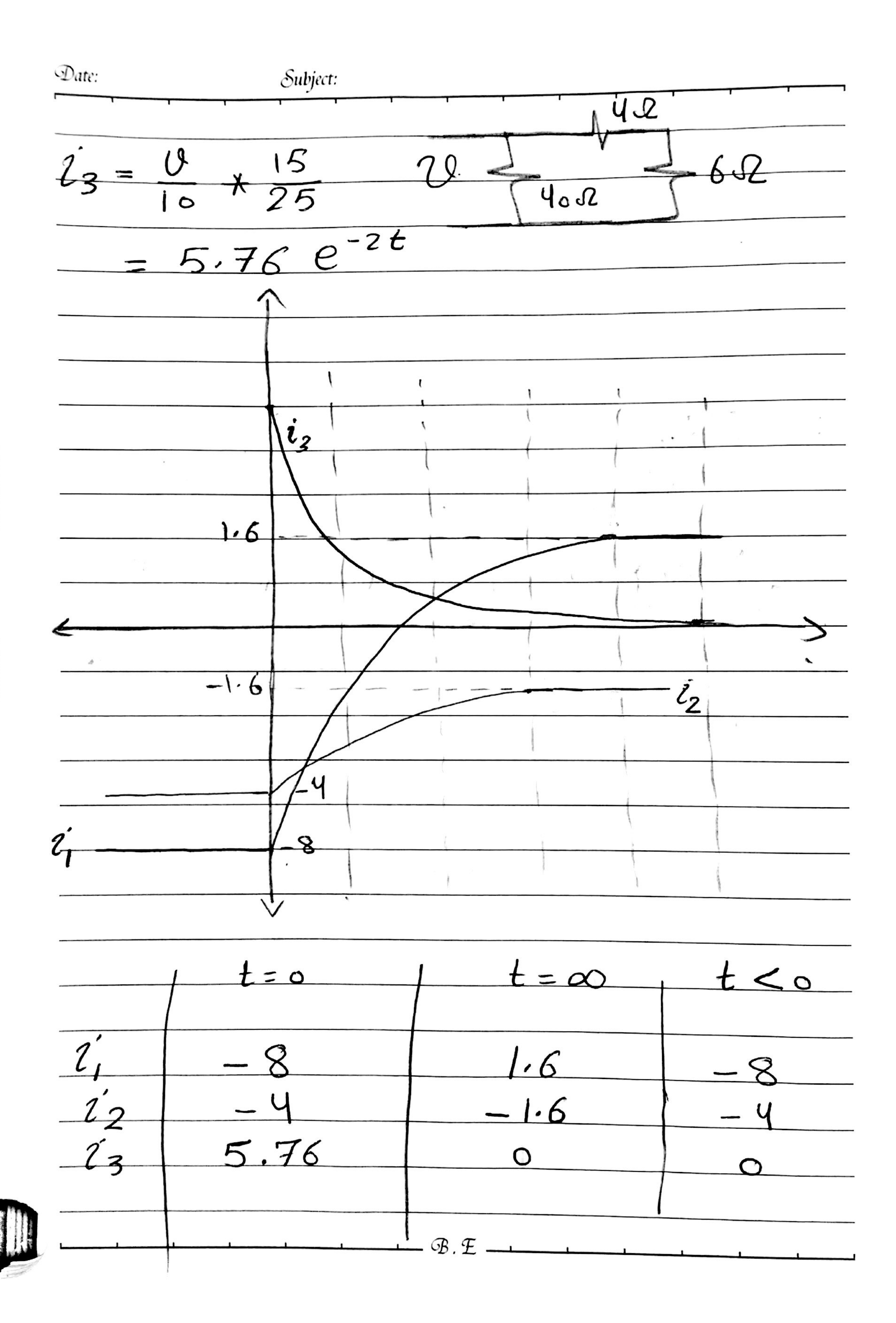
12A, $L_{eq} = 4H$, i, v, $R_{eq} = 8 \Omega$

$v = Ri = 96 e^{-2t} \quad t > 0^+$

$$i_1 = \frac{1}{L_1} \int v \, dt + I_{10} = 1.6 - 9.6 e^{-2t}$$

Similarly

$i_2 = -1.6 - 2.4 e^{-2t}$



Date: Subject:

$$i_3 = \frac{v}{10} * \frac{15}{25}$$

$$= 5.76\, e^{-2t}$$

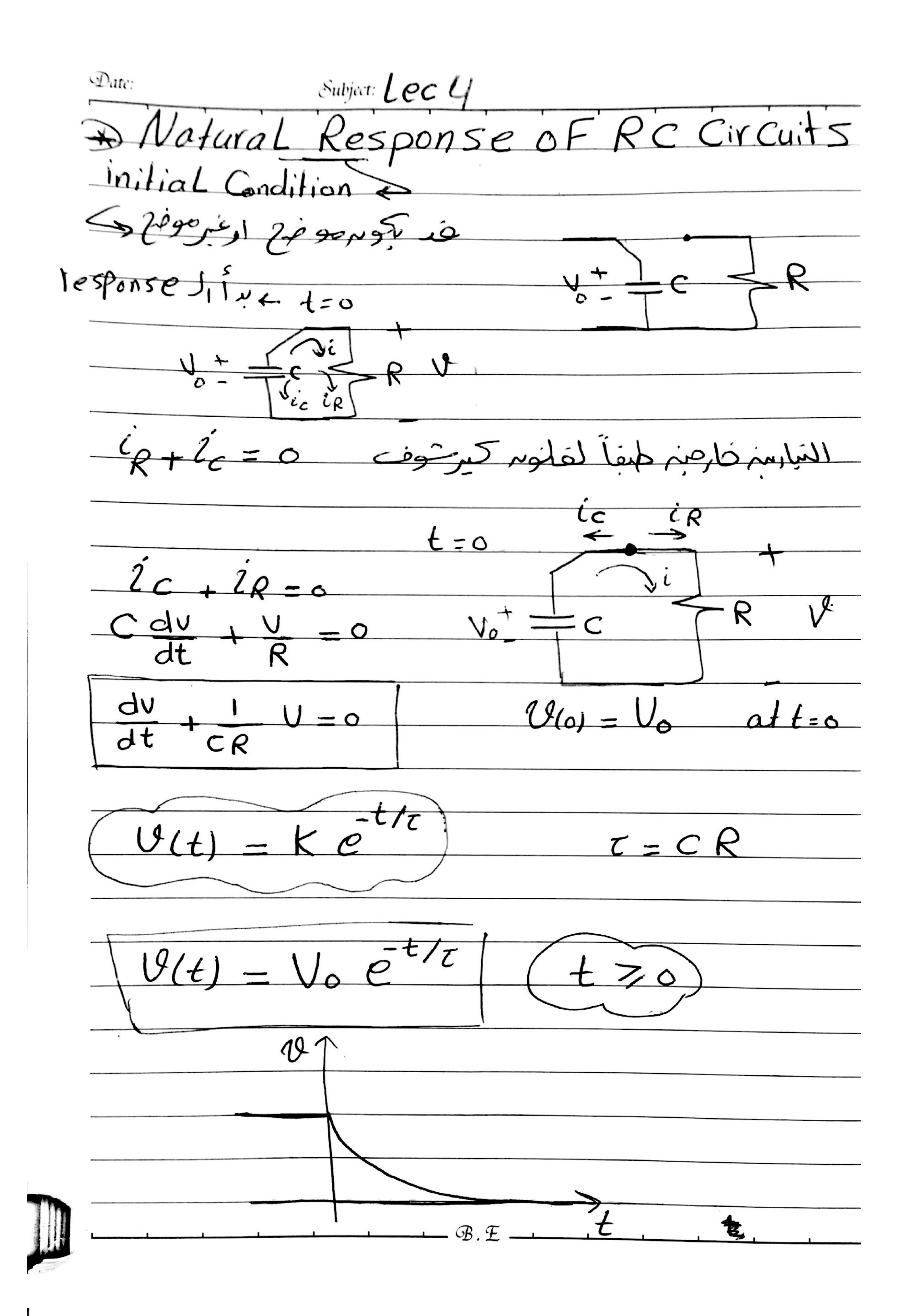
	t = 0	t = ∞	t < 0
i_1	−8	1.6	−8
i_2	−4	−1.6	−4
i_3	5.76	0	0

Date: Subject:

$$W_L(0) = \frac{1}{2} L_1 I_{01}^2 + \frac{1}{2} L_2 I_{02}^2 = 320 J$$

$$W_L(\infty) = \frac{1}{2} L_1 i_1^2(\infty) + \frac{1}{2} L_2 i_2^2(\infty) = 32 J$$

$$W_{Req} = \int_0^\infty v i \, dt = 288 J$$



Date: Subject: Lec 4

⊛ Natural Response oF RC Circuits

initial Condition ⇐

⇐ قد يكون موضح او غير موضح ⇐

response ابدأ ⇐ $t=0$

$i_R + i_C = 0$ التيار بين خارجه طبقاً لقانون كيرشوف

$t=0$

$i_C + i_R = 0$

$$C\frac{dv}{dt} + \frac{v}{R} = 0$$

$$\boxed{\frac{dv}{dt} + \frac{1}{CR}v = 0}$$

$v(0) = V_0$ at $t=0$

$$v(t) = K e^{-t/\tau}$$

$\tau = CR$

$$\boxed{v(t) = V_0 e^{-t/\tau}}$$

$t \geq 0$

Date: Subject:

$$i = \frac{v(t)}{R} \quad \text{or} \quad i = C\frac{dV}{dt}$$

$$i(t) = \frac{V_0}{R} e^{-t/\tau} \qquad \boxed{t > 0^+}$$

I_c

$\frac{V_0}{R}$

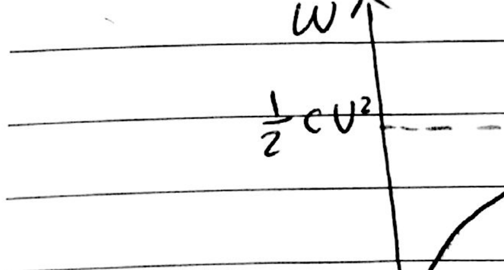
t

$$P(t) = vi$$

$$P(t) = \frac{V_0^2}{R} e^{-2t/\tau} \qquad \boxed{t > 0^+}$$

$$w(t) = \int_0^t vi\,dt$$

$$w(t) = \frac{1}{2} C V_0^2 \left[1 - e^{-2t/\tau}\right]$$



Date: Subject:

(Switch diagrams: ① → ② at $t=0$; ② → ① at $t=0$)

① steady state

المكثف → O.S

$V_0 = 100\ V$

(Circuit: 100 V source, 0.1 Ω, switch ① ②, 32 kΩ, i_o, 240 kΩ, V_0, V_c, 0.5 μF, 60 kΩ, v_o)

②

(Capacitor with Req)

$Req = 80\ k\Omega$

$\tau = 80\ k\Omega * 0.5\ \mu F = 0.04\ S$

$V_C = 100\ e^{-25t} \quad t \geq 0$

← لان الجهد في المكثف لا يتغير لحظياً

وهو معروف عند $t=0$ & على عكس التيار

$v_o = \frac{48}{80} * 100\ e^{-25t} \quad t > 0^+$

← غير معروف ← على المقاومة

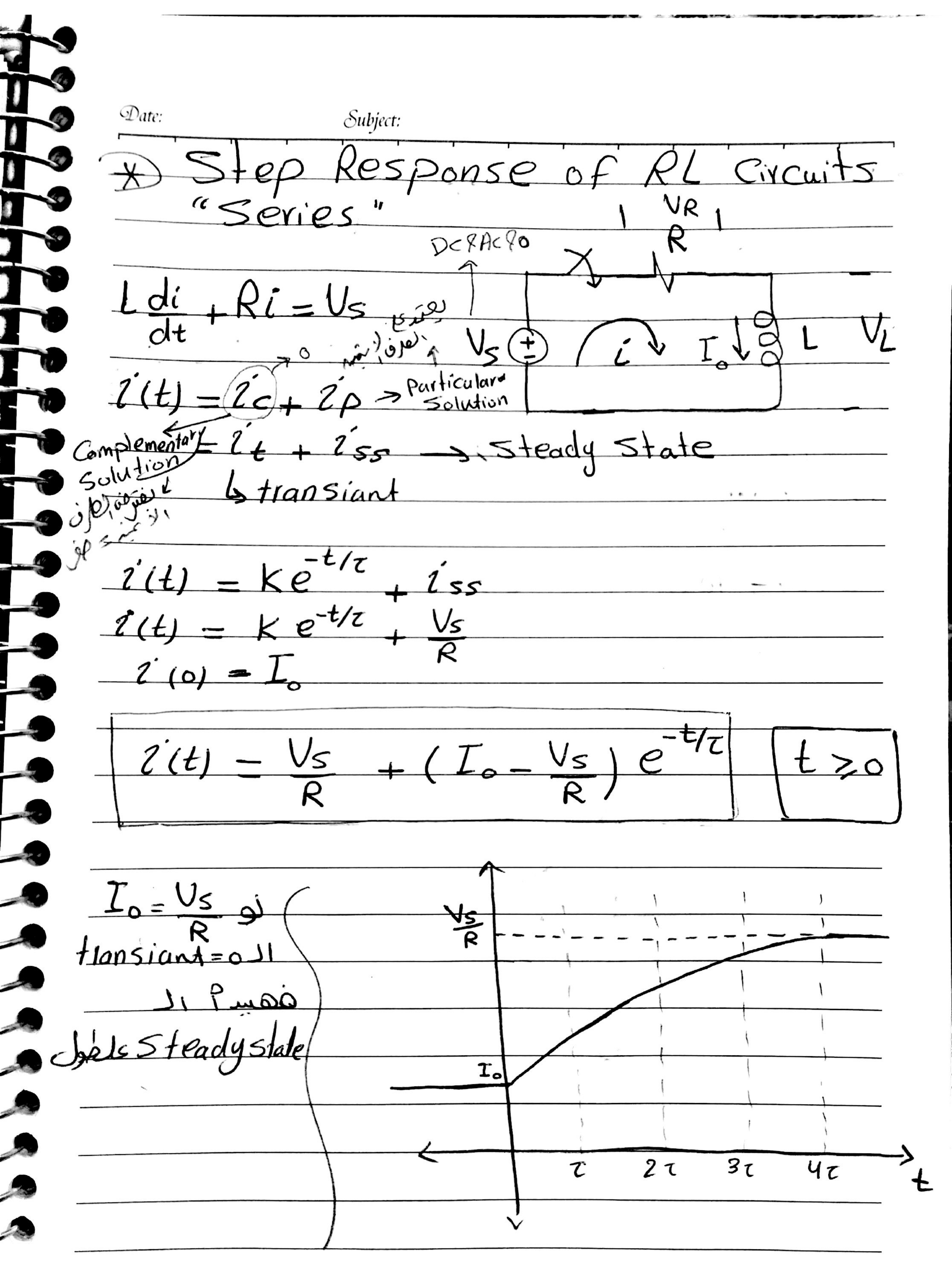
V_0 قبل $t=0$ ⇐ صفر

مسموح للجهد يتغير لحظياً على المقاومة

$i_o = \frac{v_o}{60} = 0.001\ e^{-25t} \quad t > 0^+$

$P_{60k\Omega} = i_o^2 * 60\ k\Omega = \frac{v_o^2}{60\ k\Omega}$

$W_{60k\Omega} = \int_0^\infty P_{60}\ dt = 0.012\ WS$



Date: Subject:

* Step Response of RL Circuits "Series"

$$L\frac{di}{dt} + Ri = V_s$$

$$i(t) = i_c + i_p \rightarrow \text{Particular Solution}$$

$i_c \rightarrow 0$

Complementary Solution $= i_t + i_{ss} \rightarrow$ Steady State

$i_t \rightarrow$ transiant

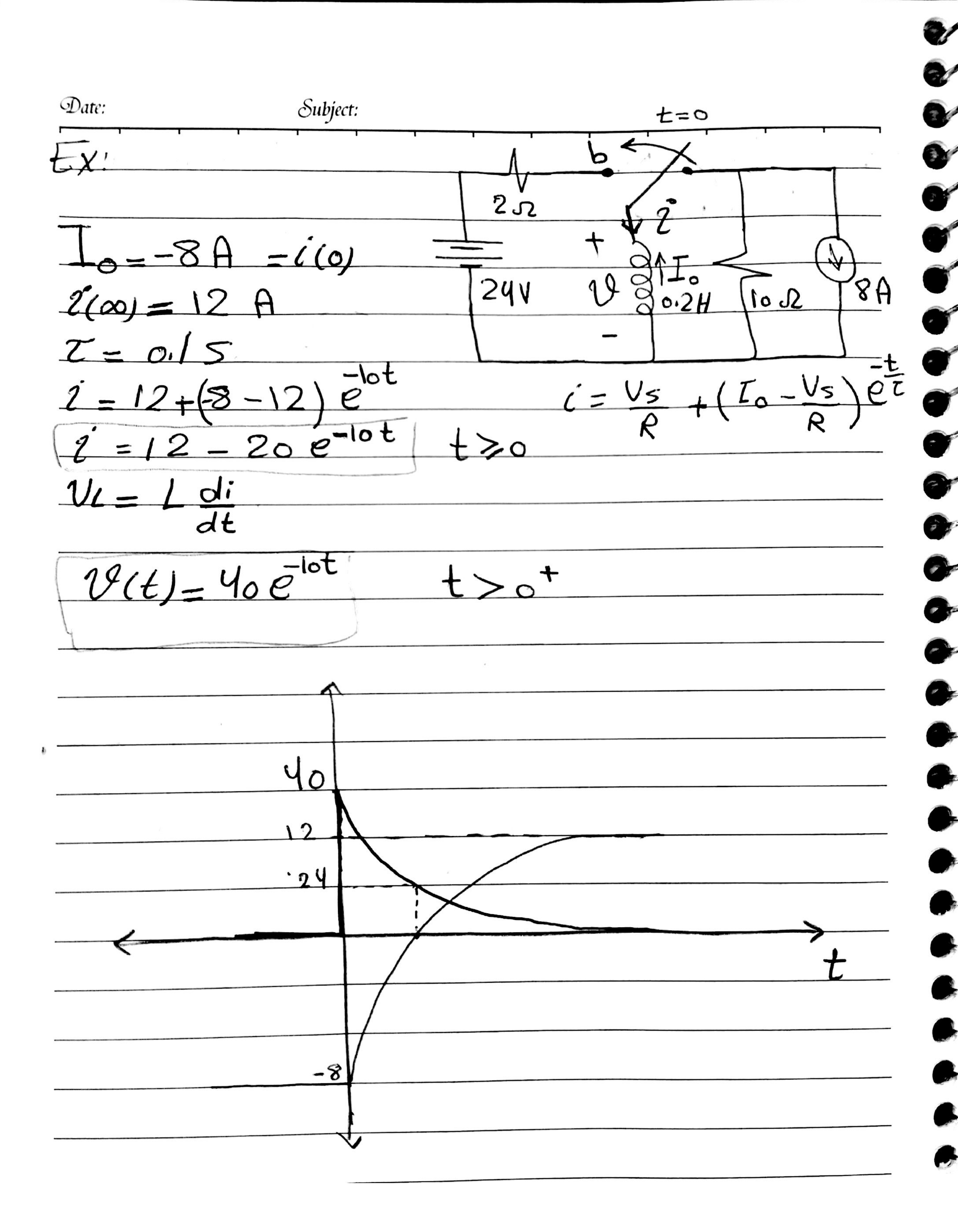
$$i(t) = Ke^{-t/\tau} + i_{ss}$$

$$i(t) = Ke^{-t/\tau} + \frac{V_s}{R}$$

$$i(0) = I_0$$

$$\boxed{i(t) = \frac{V_s}{R} + \left(I_0 - \frac{V_s}{R}\right)e^{-t/\tau}} \quad \boxed{t \geq 0}$$

لو $I_0 = \frac{V_s}{R}$
ال transiant = 0
فهيصير ال
Steady state على طول


Date:
Subject:
t=0
Ex!
b
2Ω
i
+
v
−
24V
I₀
0.2H
10 Ω
8A
I₀ = −8A = i(0)
i(∞) = 12 A
τ = 0.1 s
i = 12 + (−8 − 12) e^−10t
i = Vs/R + (I₀ − Vs/R) e^−t/τ
i = 12 − 20 e^−10t   t ≥ 0
vL = L di/dt
v(t) = 40 e^−10t   t > 0+
40
12
.24
−8
t

Date: Subject:

عند أي لحظة زمنية جهد الملف يساوي جهد المصدر

← لما التيار هيساوي الصفر

$i(0)$ at $t_1 =$

$V(t) = 24$ at t_1

جهد المصدر

$t_1 = 51$ ms